

【請求項 1】 光ファイバのコア形成のために追加されたドーピング層が加熱拡散されてなるコア拡大光ファイバの作製方法において、加熱手段として小型電気炉を用い、大気中で、光ファイバの炉中心付近の最高温度を 1500℃〜1700℃とし、炉内温度 900℃で以下の温度として加熱処理することを特徴とするコア拡大光ファイバの作製方法。

【産業上の利用分野】 本発明は、光伝送路として使用される光ファイバにより作製され、真鍮光ファイバ間の接続や光部品と光ファイバとの接続等に用いられるコア拡大光ファイバの作製方法に関するものである。

【従来の技術】 コア拡大光ファイバは光ファイバのコア形成のために追加されたドーピング層を径方向に拡散させることにより、その拡大したコアを伝播する光信号のモード・フィールド径を拡大させた光ファイバである。

【0003】 コア拡大光ファイバの作製は光ファイバが加熱せずかつ、コア内のドーピング層が熱拡散する温度で光ファイバを加熱することによりおこなわれる。従来のコア拡大光ファイバの作製方法としては次の 3 つがあった。

1) 光ファイバを石英管に真空封入して、電気炉で加熱する方法

2) ティンクローバーを用いて大気中で加熱する方法

3) 大気中での炭化加熱法

【0004】 昭和 63 年電子情報通信学会春季全国大会講演論文集 C-457 の論文「光ファイバ埋込型ファイ

スの一構成法」(川上、白石、相沢)と、1989 年電子情報通信学会春季全国大会講演論文集 C-451 の論文「光ファイバ埋込型ファイバスポンポートサイエンスファイバの製作」(白石、相沢、川上)とにあるように、1)の方法では 30℃程度の長さの光ファイバの位置を除去し、石英管に真空封入した後加熱処理していたため、真空封入という前処理が必要である。加熱処理前に光ファイバを短尺で切断し位置を除去するため、実際の使用時には他の長さで光ファイバに接続する必要があり、加熱温度が 1400℃程度までしか加えられないため、長い加熱処理時間を必要とする、等の欠点を有していた。上記論文によれば、コア拡大のための熱処理条件の典型例としては 1300℃で 5 時間の加熱が必要であった。

【0005】 2)の方法はエレクトロニクスレター 27 巻 21 号 (1991 年) の頁 1968〜1969 の論文「THE SMALL-DIFFUSED EXPANDED CORE FIBERS FOR LOW-LOSS AND INEXPENSIVE PHOTONIC COMPONENTS」BY H. H. AYUSA, K. HORIGUCHI, AND J. NODA にあるように、加熱時間は短縮されるが、加熱手段がバーナであったため炎のゆらぎと経時変化を止めることは本質的に困難であり、得られるコア径の再現性に乏しく、光ファイバの長さ方向のコア径の径分布が滑らかでない等の欠点を有していた。また、コア拡大範囲が径の大きさにより制限され、広い範囲の拡大は困難であった。図 5 に上記論文に記載された Fig. 1 を示す。図 5 はモード・フィールド径の加熱時間依存性を示しているが、モード・フィールド径がばらばらなっている様子が見える。図 6 は上記論文に記載された Fig. 2 である。図 6 はモード・フィールド径の光ファイバ長さ方向の分布を示しているが、対称性及びなだらかさに欠けていることが解る。また、コア拡大の範囲はバーナを光ファイバの長さ方向に振ってもあまり拡大されていない。

【0006】 また、3)の方法はエレクトロニクスレター 27 巻 17 号 (1991 年) の頁 1597〜1599 の論文「SIMPLE FUSION SPLICING TECHNIQUE FOR REDUCING INSULATING LOSS BETWEEN STANDARD SINGLEMODE FIBER AND DOPED FIBER」BY R. Y. TIAN にあるように、再結晶は 2)の方法よりも優れるものの、加熱範囲が 1mm 以下と 2)の方法よりも更に狭く、拡大コア径の長さ方向の変化が急峻となるため、光伝送損失の増加を抑えなままたまのコア拡大の上限が制限されていた。また、コア拡大を切断し光部品を接続する場合は切断面の位置精度は、1mm 以下を必要とし実用上問題であった。これらの理由により 3)の方法の適用例は真鍮光ファイバの接続のみであり、適用範囲が制限されていた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 以上の状況より明らかなるように、従来のコア拡大光ファイバ作製技術では大気中で電気炉による熱処理は困難であった。

【0008】 一方、本発明者らは、光ファイバの延伸・屈折などの加熱を施す光ファイバ加工用小型電気炉を先に提案した(特開平 3-187937 号公報参照)。かかる小型電気炉は図 7 に示すように、両端が開口し、炉口 2 が軸方向に設けられて、光ファイバを収容するアルミナ絶縁管(炉心管)1 に、白金箔 3 がくわに接続固定したものであり、白金箔 3 に両端から電流を流して白金箔 3 を発熱体としてアルミナ絶縁管 1 を加熱することと、光ファイバの延伸・屈折を施している。

【0009】 そこで、この小型電気炉を用いて大気中でコア拡大光ファイバを作製することとしたが、炉内に露出した部分の光ファイバの温度が上昇して光ファイバにゆがりが生じ易く、再現性の観点より実用的でなく、問題があった。

【0010】 本発明は、かかる事情に鑑みながらのものであり、その目的は特性に優れ、適用範囲が広いと共に、生産性及び再現性の良いコア拡大光ファイバの作製方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成する本発明に係るコア拡大光ファイバの作製方法は、光ファイバのコア形成のために追加されたドーピング層が加熱拡散されてなるコア拡大光ファイバの作製方法において、加熱手段として小型電気炉を用い、大気中で、光ファイバの炉中心付近の最高温度を 1500℃〜1700℃とし、炉内温度 900℃以下の温度として熱処理することを特徴とする。

【0012】

【実施例】 以下、本発明の効果を示す好適な実施例を説明する。

【0013】 実施例 1

第 1 の実施例として、コア拡大処理用小型電気炉加熱によるモード・フィールド径変化の加熱条件依存性の例を示す。まず、コア拡大光ファイバの作製手順を示す。用いた光ファイバは GeO₂ をドーピングしてコアを形成した石英系単一モード光ファイバで、コア径 7.3 μm、芯径 5.0 μm の標準的な単一モード光ファイバとした。加熱処理前に 5.5 mm の長さで被覆を除去し、露出した部分の表面をアセトンで洗浄した。この露出した部分の 2 つの固定治具の間に固定し、その中央部を光ファイバ加工用小型電気炉に挿入して、熱処理をおこなった。

【0014】 この熱処理は露光ファイバの炉中心付近の最高温度を 1500℃〜1700℃とすると共に、炉内温度 900℃以下の温度で行うこととした。ここで、最高温度を 1500℃〜1700℃とするのは 1700℃を超えて加熱した場合光ファイバの表面が熔点以上となり蒸発し、好ましくないからであり、又、1500℃よりも低い場合には加熱に時間がかかり好ましくないからである。また、炉内温度 900℃以下では

するの、900℃を超えた場合光ファイバに曲がりが生じ、曲がりにくいからである。よって、本実施例においては、炉の中心温度をコブ大処理用のための温度(1500~1700℃)に設定しても、炉面での光ファイバの温度が900℃を超えないようにした。

(0015) 図1は、用いたコブ大処理用小型電気炉の構造を示す図であって、図中、10はコブ大処理用小型電気炉、11は炉径2mm、長さ50mmのアルミナ電極、12は合金鋼製耐火体熱源、13は電流端子で両端の電流端子の間隔は35mm、14は電流端子の断熱材、15はアルミナ絶縁管11を保持するための耐熱セメント、16は熱処理する光ファイバを各々図示している。また、アルミナ絶縁管11及び電流端子17、18は、上面に幅0.4mmの長さ方向の溝17、18が各々入れられている。光ファイバ16はこの溝17、18を通して傾方向よりコブ大処理用小型電気炉10に挿入されるため、傾方向に切断する必要はなく、任意の長さの光ファイバの任意の点でコブ大処理がおこなえる。

(0016) 図2は、1.3μmLD光源で測定した、1600℃加熱時の加熱中心部のモード・ファイバ径の加熱時依存性を示している。この加熱時の炉面での光ファイバの加熱温度は約800℃であった。モード・ファイバ径は、傾方向に傾斜していることが判る。モード・ファイバ径が2倍となる加熱時間は約55分、従来の真空封入する電気炉加熱法と比較して処理時間が1/5程度に短縮されていることになる。

(0017) 図3はモード・ファイバ径の光ファイバの長さ方向の分布を示す図である。モード・ファイバ径は、傾方向に、傾斜に分布していることが判る。ここでは長さ50mmの小型電気炉を用いたが、炉長を変えることによりコブ大処理は拡大され、より広範囲なコブ大処理を得ることが出来る。

(0018) この手順及び結果から判るように、従来の真空封入する電気炉加熱法と比較し、光ファイバを傾斜に切断する必要がない。放電を必要以上の長さに終止する必要がない。石英管に光ファイバを真空封入する必要がない。熱処理時間が格段に短縮化される等の利点がある。

(0019) また、モード・ファイバ加熱法と比較し、得られるコブ大処理の再現性に優れる。コブ大処理の光ファイバの長さ方向の分布が傾斜に優れる。コブ大処理の範囲を変化させることができる等の利点がある。

(0020) さらに、放電加熱法と比較しコブ大処理を広く広げることが出来るため、より大きくコブ大処理することが可能となる。光ファイバ加熱法への適用範囲が制限

(0021) また前述した特許平1-326087号公報に示す光ファイバ加工用小型電気炉を用いた場合と比較し、コブ大処理中に光ファイバに曲がりが生じない利点を有する。すなわち、同公報による光ファイバ加工用小型電気炉では、加工する光ファイバの位置を固定するために、全長が短くできる構造を採用しているが、そのため炉内に露出した部分の光ファイバの温度が上昇して光ファイバが軟化した、その部分の組成成分や外径の影響を受け安定しないため、曲がりの原因となっていたが、本方法によりその欠点を克服した。

(0022) 実施例2

次に前述したコブ大処理用小型電気炉10を用いたコブ大処理用小型電気炉の一例を説明する。

(0023) 図4は本実施例を説明する図であって、コブ大処理用小型電気炉を用いた、コブ大光ファイバ作製装置を示す。図中、10はコブ大処理用小型電気炉、21はコブ大処理用小型電気炉の昇降装置、22a、22bはコブ大処理用小型電気炉の昇降装置、24は位置が固定された光ファイバの固定部、25は光源、26は受光器、27はコブ大処理用小型電気炉の電源、28は制御装置を各々図示する。

(0024) 上記構成において、まず、光ファイバ23のコブ大処理用小型電気炉22a、22bに一定の傾斜で固定する。次に、コブ大処理用小型電気炉21により上昇させ、アルミナ絶縁管の中央に光ファイバのコブ大処理用小型電気炉24を挿入する。制御装置28によりコブ大処理用小型電気炉10の温度を設定温度まで上昇させ、その温度においてコブ大処理用小型電気炉20の後、加熱を終了させ、コブ大処理用小型電気炉20を降下させて、処理を終了する。

(0025) 加熱中は光ファイバに接続された光源25と受光器26により伝送損失の変化を監視できるが、処理条件が確立されればこれらの光伝送の監視は必ずしも必要とはしない。

(0026) 本装置の制御はコブ大処理用小型電気炉が消耗した場合に新しい電気炉との交換とそれに伴う調節をするだけであり、操作も含め特に熟練者を必要とはしない。

(0027) 従来の光ファイバを真空封入する電気炉加熱装置は本装置の他に光ファイバを真空封入する装置を別途必要とし、操作には手間と時間を要しただけでなく、専門的な熟練者を必要としたが、本方法によりこの問題を解決できた。

(0028) 従来のモード・ファイバ加熱装置は放電ガスの流量を精密に制御する必要があり、更にモード・ファイバを光ファイバの長さ方向に傾斜させる必要があったため、操作に熟練を要し、装置が複雑化し、高価なものとなっていたが、本方法により装置が簡略化され、廉価に製造で

きる。

(0029) また、従来の放電加熱装置により得られるコブ大光ファイバはコブ大処理範囲が狭いため、適用範囲が制限されていたが、本方法により適用範囲が拡大された。

(0030) 更に、特許平3-187937号公報による光ファイバ加工用小型電気炉を用いた装置は、コブ大処理中に光ファイバに曲がりが生じ、再現性の観点より採用でなかったが、本方法により、再現性の良いコブ大処理が可能となった。

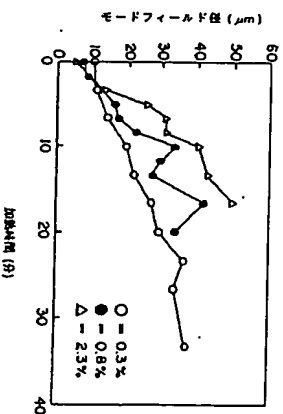
(0031)

(発明の効果) 以上説明したように、本発明の方法により大気中で電気炉によるコブ大処理が可能となるから、光ファイバを短尺に切断する必要がない、放電を必要以上の長さに終止する必要がない、石英管に光ファイバを真空封入する必要がない、熱処理時間が格段に短縮化される、得られるコブ大処理の再現性に優れる、コブ大処理の光ファイバの長さ方向の分布が傾斜に優れる、コブ大処理の範囲を変化させることができる、熱処理中に光ファイバに曲がりが生じない等の利点がある。装置としては、装置構成が単純になる、安価になる、操作が簡単になる、維持が単純になる、適用範囲が制限されない等の利点がある。

(図面の簡単な説明)
 [図1] 第1の実施例で用いたコブ大処理用小型電気炉の構成図である。
 [図2] 同実施例の1.3μmLD光源で測定した1600℃加熱時の加熱中心部のモード・ファイバ径の加熱時依存性を示すグラフである。
 [図3] 同実施例のモード・ファイバ径の光ファイバ

30

[図5]



の長さ方向の分布を示すグラフである。

(図4) 第2の実施例の、コブ大処理用小型電気炉を用いたコブ大光ファイバ作製装置の構成図である。

(図5) エレクトロニクスレター27巻21号(1991年)の頁1968~1969の論文“THERMAL-DRIVEN EXPANDED CORE FIBERS FOR LOW-LOSS AND INEXPENSIVE PHOTONIC COMPONENTS” BY H. HAKURA, M. MOTOHARA, AND J. NODA のFig.1 を示す図である。

(図6) 同論文のFig.2 を示す図である。

(図7) 従来技術に係る光ファイバ加工用小型電気炉の構成図である。

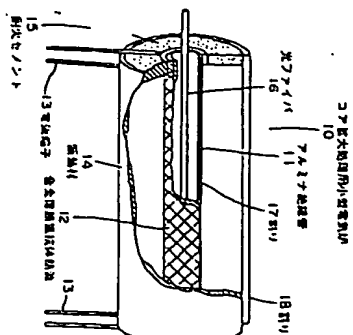
(符号の説明)

- 10 コブ大処理用小型電気炉
- 11 アルミナ絶縁管
- 12 合金鋼製耐火体熱源
- 13 電流端子
- 14 電流端子の断熱材
- 15 耐火セメント
- 16 光ファイバ
- 17 アルミナ絶縁管の溝
- 18 断熱材の溝
- 21 コブ大処理用小型電気炉の昇降装置
- 22a、22b コブ大処理用小型電気炉の昇降装置
- 23 光ファイバ
- 24 光ファイバのコブ大処理部
- 25 光源
- 26 受光器
- 27 コブ大処理用小型電気炉の電源
- 28 制御装置

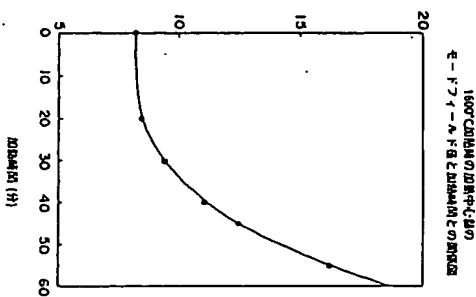
(5)

特許2771737

【図1】



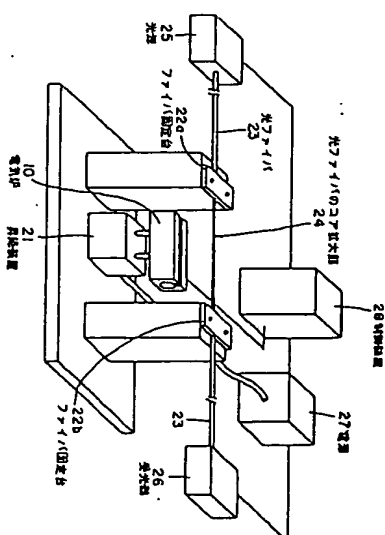
【図2】



(6)

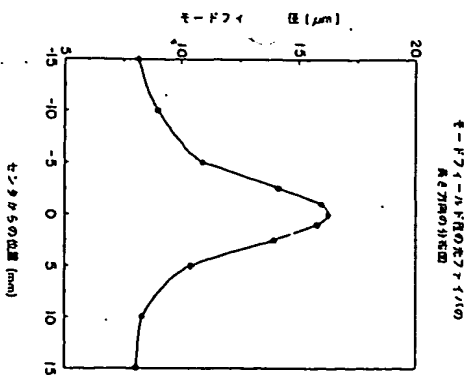
特許2771737

【図4】

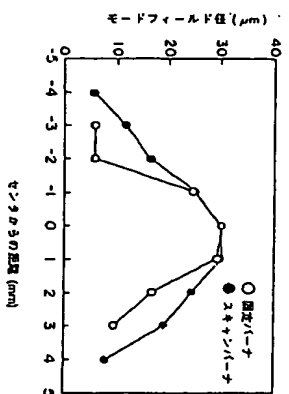


【図7】

【図3】



【図6】



フロントページの続き

(56) 参考文献

特開 平4-98202 (J.P., A)
特開 平4-65326 (J.P., A)
特開 平3-187937 (J.P., A)

(58) 調査した分野 (Int. Cl., D.B. 名)

G02B 6/10
G02B 6/14